

УДК 629.113.001

Исследование зависимости величины схождения управляемых колёс автомобилей с зависимой подвеской от величины бокового смещения двух опорных площадок динамического экспресс-стенда

© А.В. Гаврилов, З.В. Горбунова, В.С. Колчин, А.О. Ларцис

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Аннотация. В статье приведены результаты исследования зависимости углов схождения управляемых колес автомобиля с зависимой подвеской от бокового смещения двух опорных площадок динамического экспресс-стенда. Полученные зависимости позволяют выполнять регулировку углов установки левого и правого колеса без применения стационарных стенов, что даёт возможность экономить время диагностирования.

Ключевые слова: автомобиль, экспресс-стенд с двумя площадками, экспресс-диагностика, угол схождения, боковое смещение

Study of the Dependence of the Magnitude of Convergence of Controlled Wheels of Cars with Dependent Suspension from the Magnitude of the Side Displacement of the Two Support Sites of the Dynamic Express Stand

© Anton V. Gavrillov, Zinaida V. Gorbunova, Vasiliy S. Kolchin, Anastasia O. Lartsis

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

Abstract. The article provides the results of the study of the dependence of angles of convergence of controlled wheels of the car with dependent suspension from the side shift of two support platforms of the dynamic express stand. The obtained dependences allow you to adjust the installation angles of the left and right wheels without the use of stationary stands, which makes it possible to save diagnostic time.

Keywords: car, express stand with two platforms, express diagnostics, angle of convergence, lateral displacement

Углы установки управляемых колес автомобиля оказывают значительное влияние на его эксплуатационные свойства. Поэтому необходимо выполнять регулярное экспресс-диагностирование углов установки. В работах [1, 2] с учетом аналогов [3, 4, 5] были проведены исследования

по созданию динамического экспресс-стенда с одной площадкой и по изучению зависимости угла схождения управляемых колес автомобиля с зависимой подвеской от величины бокового смещения.

В работе [2] была получена такая зависимость для автомобиля УАЗ-3163:

$$y = 1,25 \cdot L - 2,74;$$

где y – величина угла схождения управляемых колес, угловые минуты; L – величина бокового смещения площадки стенда, мм/м.

Графическое изображение зависимости представлено на рис. 1.

На основании выполненных в работе [2] исследований был сделан вывод о возможности определения углов схождения управляемых колес автомобиля с зависимой подвеской по величине бокового смещения площадки динамического экспресс-стенда.

Но динамический экспресс-стенд с одной площадкой не позволяет опреде-

лить углы схождения левого и правого колеса.

Нами была сформулирована гипотеза о возможности определения углов схождения левого и правого управляемых колес автомобиля с зависимой подвеской от величины бокового смещения левой и правой площадки динамического экспресс-стенда на основании работы А.И. Федотова¹.

Одним из способов повышения управляемости и устойчивости (особенно в режимах повышенных скоростей) явля-

¹ Федотов А.И. Основы теории эксплуатационных свойств автомобиля: учебник. Иркутск, 2016. 288 с.

ется установка управляемых колес автомобиля со сходимением, когда расстояние между одноименными точками, находя-

щимися в одной плоскости параллельной поверхности движения, измеренными сзади и спереди шины В и А, неодинаково.

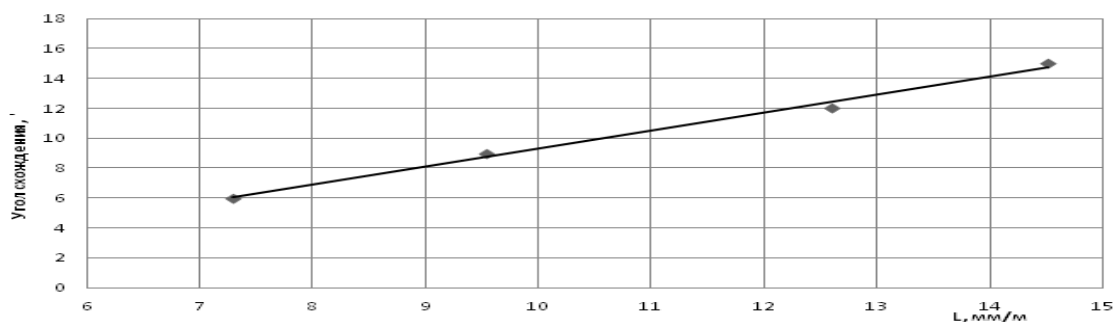


Рис. 1. Зависимость угла схождения управляемых колес автомобиля с зависимой подвеской УАЗ-3163 от величины бокового смещения

Установка управляемых колес со сходимением позволяет двигаться колесам с небольшими углами увода δ_l и δ_p , следовательно, и с боковыми реакциями R_{yl} и R_{yp} [6].

Исходя из рис. 2, площадки стэнда на рис. 3 должны раздвигаться при нормальном сходимении управляемых колес, так как реакции R_{yl} и R_{yp} направлены навстречу друг к другу, а колеса при этом связаны с кузовом и, соответственно, между собой.

При прямолинейном движении по поверхности колёса автомобиля со сходимением стремятся в одну точку, но они не пересекутся из-за того, что колёса связаны с кузовом при помощи подвески, и это как

бы «поджимает» управляемые колёса под кузов автомобиля.

Из-за того, что площадки стэнда могут перемещаться только перпендикулярно направлению движения автомобиля, при наезде на площадки возникающие реакции $-R_{yl}$ и $-R_{yp}$, пропорциональные силам R_{yl} и R_{yp} , раздвигают их в разные стороны, убирая «поджимание».

Конструкция площадок динамического экспресс-стэнда, разработанного и изготовленного на кафедре автомобильного транспорта ИРНИТУ, приведена в [1, 2].

Анализ экспресс-стэндов для динамического диагностирования углов схождения позволил заключить, что использование двух площадок ранее не предпринималось.

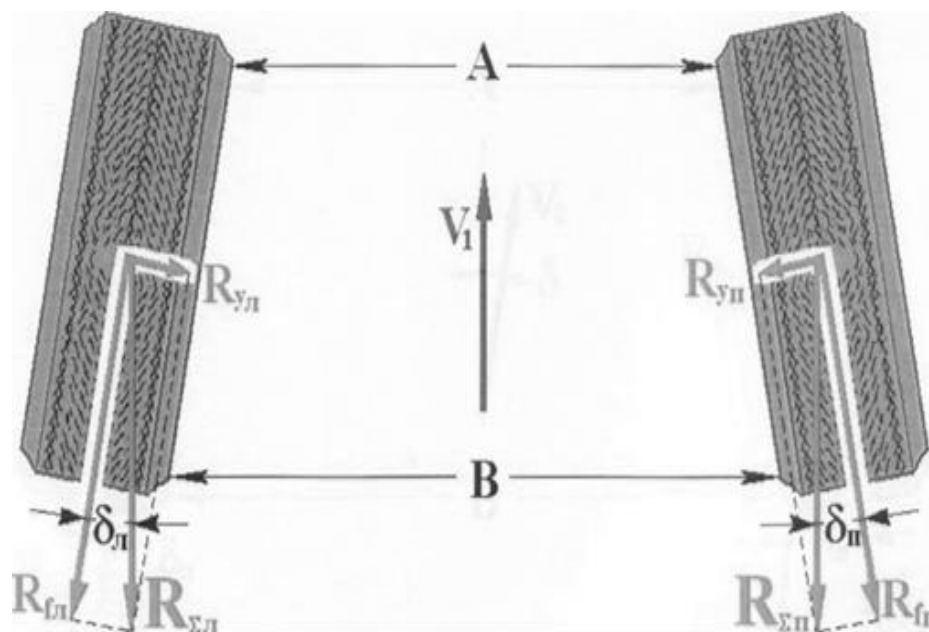


Рис. 2. Установка управляемых колес автомобиля со сходимением

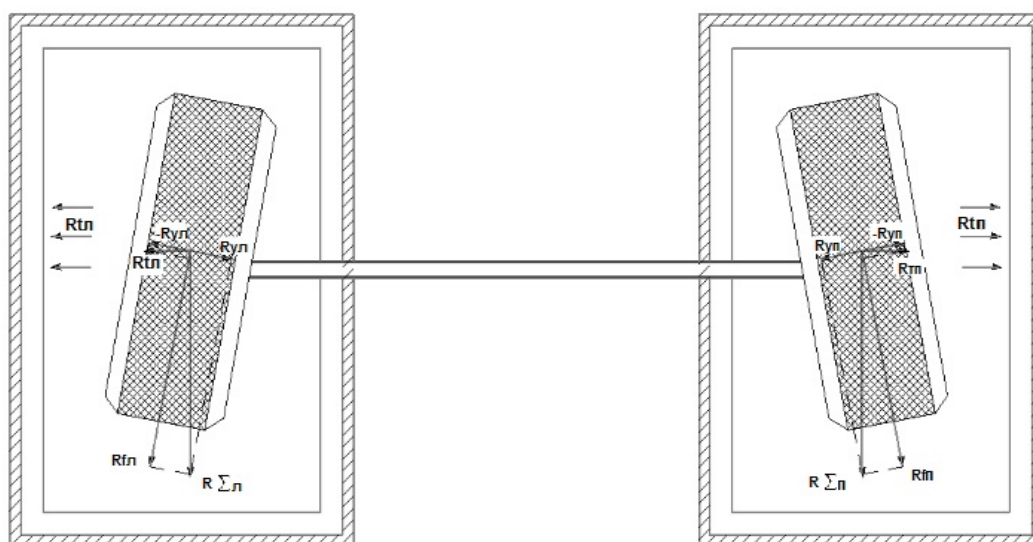


Рис. 3. Схема распределения сил колес, находящихся на опорных площадках стенда

Для одновременного измерения бокового смещения площадок экспресс-стенда была разработана электрическая схема [6, 7], представленная на рис. 4.

Экспериментальные исследования были проведены на автомобиле Тоуо-

та Land Cruiser 105 2005 года выпуска с установленными шинами Hankook DynaPro Icept 275/70 R16, с остаточной глубиной протектора 15 мм, давление в шинах составило 2,5 кг/см².

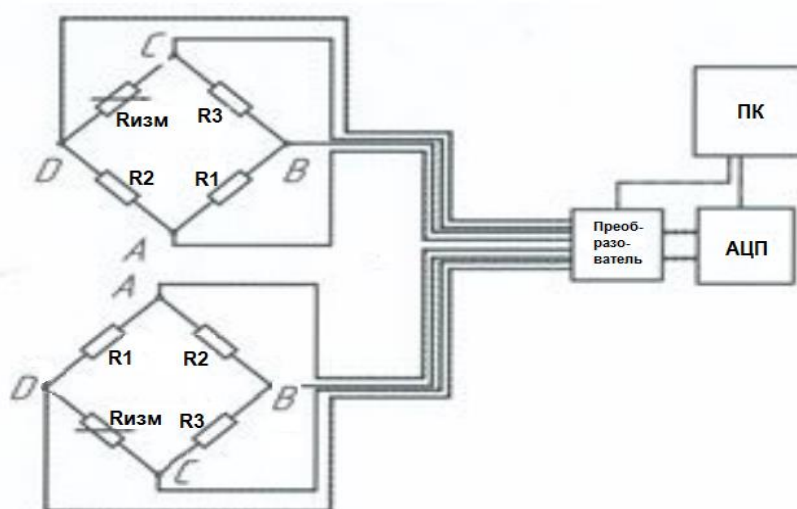


Рис. 4. Электрическая принципиальная схема измерительного комплекса с двумя опорными площадками

Пределы углов схождения управляемых колес для данного автомобиля составляют от $-9'$ до $15'$. Данный норматив указан в программном обеспечении стенда фирмы Hunter.

Исходя из этого, на стационарном 3D-стенде фирмы Hunter (рис. 5) были установлены 4 разных угла схождения колес: $-9'$, $0'$, $8'$ и $15'$.

При каждом угле схождения осуществлялось по 8 заездов автомобиля на

стенд экспресс-диагностики с двумя площадками (рис. 6), число которых оказалось достаточным в соответствии с методом проверки статистических гипотез² [8]. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

По полученным данным определена зависимость угла схождения управляе-

² Беридзе В.А., Колчин В.С., Горбунова З.В., Маломышев О.Л. Основы теории надежности: учеб. пособие. Иркутск, 2015. 118 с.

мых колес от величины бокового смещения для автомобиля Toyota Land Cruiser с использованием двух площадок (табл. 2).

Графически эти зависимости представлены на рисунках 7 и 8 соответственно.

По зависимостям на рис. 7 и рис. 8 можно определить угол схождения левого или правого колеса. Для этого необходимо измерить перемещение площадки в мм/м с помощью программной среды ZETVIEW [9]. Если перемещение находится вне диапазона допустимых значений (от 2 до 8 мм/м для левой площадки и от -7 до

6 мм/м для правой площадки), то угол подлежит регулировке. Если угол отрицательный, то схождение необходимо уменьшать. Если угол положительный, то схождение увеличивают. После регулировки следует проезжать по площадке до получения необходимого результата.

Первая версия стэнда была выполнена на кафедре «Автомобильный транспорт» ИРНИТУ в 2017 г., затраты по этой версии, определенные по методике, представленной в [10], составили 76189,62 руб., что отображено в таблице 3.

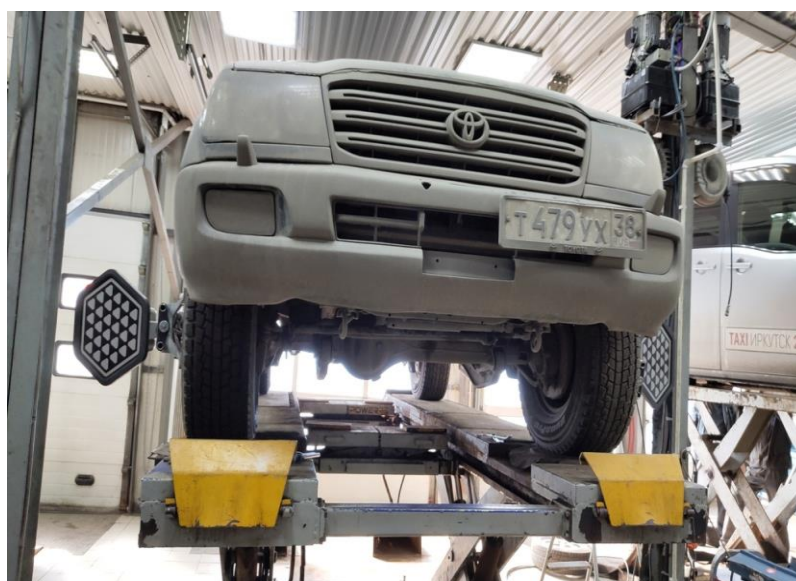


Рис. 5. Автомобиль на стационарном 3D-стенде фирмы Hunter



Рис. 6. Автомобиль на экспресс-стенде с двумя площадками

Таблица 1

Результаты экспериментальных исследований для двух площадок с двумя датчиками

Площадка	Углы схождения колес	Величина бокового смещения L , мм/м								Среднее значение \bar{L} , мм/м
Левая	-9'	1,16	1,43	1,43	1,33	1,36	1,28	1,24	1,17	1,30
	0'	3,81	3,96	3,83	4,04	3,80	3,88	3,75	3,92	3,87
	8'	6,18	5,99	6,23	5,93	5,94	6,12	6,02	6,04	6,06
	15'	9,73	9,81	9,66	9,63	9,58	9,84	9,63	9,68	9,70
Правая	-9'	5,30	5,22	4,79	4,76	5,04	5,13	4,78	4,96	5
	0'	0,93	1,20	1,11	1,05	1,34	1,30	0,98	1,25	1,14
	8'	-3,72	-3,09	-3,29	-3,07	-2,82	-3,38	-3,27	-3,45	-3,26
	15'	-7,21	-7,42	-7,92	-7,03	-7,33	-6,96	-7,65	-7,55	-7,38

Таблица 2

Зависимости угла схождения управляемых колес от величины бокового смещения

	Формула	R^2
Левая площадка	$y = 2,8738L - 11,547$	0,975
Правая площадка	$y = -1,9208L + 1,3382$	0,9946

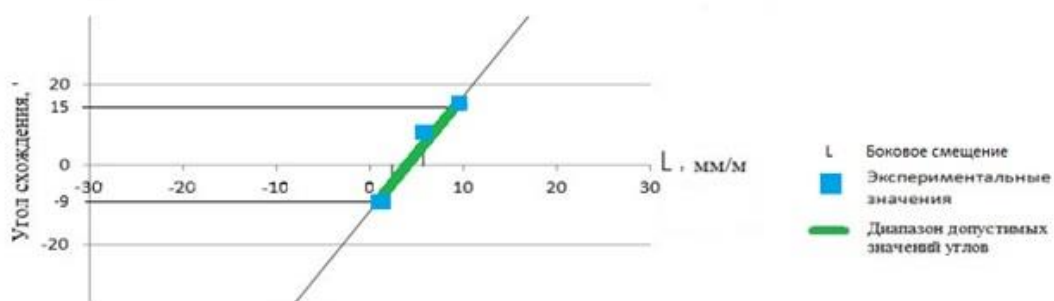


Рис. 7. Зависимость угла схождения левого колеса от величины бокового смещения левой платформы

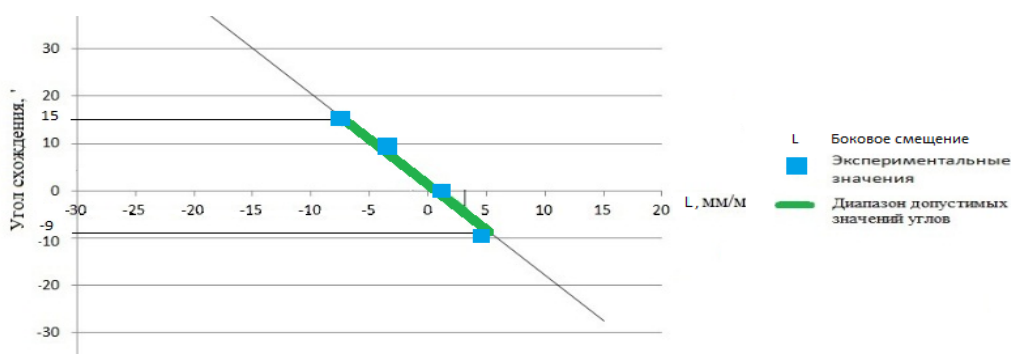


Рис. 8. Зависимость угла схождения правого колеса от величины бокового смещения правой платформы

Материальные затраты на изготовление стенда в 2017 г.

Составные элементы стенда	Единицы измерения	Кол-во ед.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5
Детали для изготовления стенда				
1. Лист металла 100x47x14	шт.	1	2497,48	2497,48
2. Уголок 40x40x3	м	7	88,88	622,22
3. Квадратная труба 60x40x2	м	3,5	130	458,42
4. Квадратная труба 30x20x2	м	1	53	53
5. Бесшовная труба 100x2	м	1	588	588
6. Подшипник № 203	шт.	20	42	840
7. Возвратные пружины	шт.	16	25	400
Прочее				
8. Отрезной круг	шт.	10	57	570
9. Электроды для сварки 3 мм (5 кг)	уп.	2	1295	2590
10. Лакокрасочные материалы (1 л)	шт.	2	300	600
11. Болт М10	шт.	36	15	540
12. Гайка М10	шт.	36	6	216
13. Затраченная энергия	Вт	450	0,97	426,5
Электронное оборудование				
1. Потенциометр (10 мм)	шт.	1	540	540
2. Ноутбук HP 17-y058ur	шт.	1	37990	37990
3. АЦП ЦАП ZET 210	шт.	1	20709	20709
4. Усилитель ZET 410	шт.	1	6549	6549
Общая стоимость				76189,62

В 2019 году была произведена модернизация стенда, затраты на которую составили 11724,5 руб., что отображено в таблице 4.

Общая стоимость стенда после модернизации в 2019 году с учётом дисконтирования и инфляции за два года составила 94978,95 руб.:

$$S_{стенд}^{2019} = 76189,62 (1 + 0,03)^2 + 11724,5 = 94978,95.$$

Также был выполнен расчет затрат на проведение экспериментов на стенде, для этого использовалась методика, представленная в [10].

Так как для снятия показаний при проведении экспериментов на стенде используется ноутбук потребляемой мощностью 64,935 ватт/час, необходимо было провести расчет затрат расходуемой электроэнергии. С учетом того, что по расчетам расход электроэнергии составил 0,7 кВт · ч, затраты на электроэнергию для

проведения эксперимента были определены в размере 0,98 руб.

Услуги диагноста, обеспечивающего проведение эксперимента в течение 8 циклов по 30 минут, составили 1200 руб.

Также были выполнены 4 заезда на СТОА для установки углов схождения управляемых колес. Стоимость одного заезда – 900 руб.

Общие затраты при проведении эксперимента составили 4800,98 руб., что представлено в таблице 5.

Материальные затраты на модернизацию стенда в 2019 г.

Составные элементы стенда	Единицы измерения	Кол-во ед.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5
Детали для изготовления стенда				
1. Лист металла 100x47x14	шт.	1	2734	2734
2. Уголок 40x40x3	м	7	92,42	647
3. Квадратная труба 60x40x2	м	3,5	94,57	331
4. Квадратная труба 30x20x2	м	1	42	42
5. Бесшовная труба 100x2	м	1	442	442
6. Подшипник № 203	шт.	20	29,7	594
7. Возвратные пружины	шт.	16	28	448
Прочее				
8. Отрезной круг	шт.	10	63	630
9. Электроды для сварки 3 мм (5 кг)	уп.	2	1425	2850
10. Лакокрасочные материалы (1 л)	шт.	2	320	640
11. Болт М10	шт.	36	17	612
12. Гайка М10	шт.	36	8	288
13. Затраченная энергия	Вт	450	0,97	426,5
Электронное оборудование				
1. Потенциометр (10 мм)	шт.	1	1040	1040
Общая стоимость				11724,5

Таблица 5

Материальные затраты на эксперимент

Затраты	Единицы измерения	Кол-во ед.	Цена, руб.	Стоимость, руб.
1	2	3	4	5
Затраты на электроэнергию	руб.	0,7	1,40	0,98
Услуги диагноста	руб.	4	300	1200
Стоимость заезда на СТО	руб.	3	900	2700
Итого:				4800,98

Таким образом, использование динамического экспресс-стенда позволит контролировать и при необходимости регулировать углы схождения автомобилей с зависимой подвеской при техническом об-

служивании, при ремонте ходовой части и замене шин с меньшими затратами времени и денежных средств по сравнению с проверкой на дорогостоящих статических стендах.

Библиографический список

1. Колчин В.С., Бойко А.В., Алексеев И.В., Пензин А.В. Измерительный комплекс для исследования влияния непараллельности осей автомобиля при экспресс-диагностировании на измерение углов установки колес автомобиля // Особенности эксплуатации автотранспортных средств в дорожно-климатических условиях Сибири и Крайнего Севера. Проблемы сертификации, диагностики, контроля

технического состояния: материалы 83-й Международной науч.-техн. конф. Ассоциации автомобильных инженеров (г. Иркутск, 18–20 сентября 2013 г.). Иркутск, 2013. С. 342–347.
2. Гаврилов А.В., Колчин В.С., Чернышков А.С. Исследование зависимости угла схождения управляемых колес автомобиля от бокового смещения // Молодежный вестник ИргТУ. 2017. № 4.

[Электронный ресурс]. URL: <http://mvestnik.istu.irk.ru/journals/2017/04> (21.11.2019).

3. Каталог оборудования для автосервиса компании «Новгородский завод ГАО». 2006. 72 с.

4. Конструктивные особенности стендов для проверки и регулировки углов установки управляемых колес [Электронный ресурс]. URL: http://studopedia.ru/2_8115_konstruktivnie-osobennosti-stendov-dlya-proverki-i-regulirovki-uuk.html (12.11.2017).

5. Стенды экспресс-диагностики установки углов управляемых колес [Электронный ресурс]. URL: <http://ustroistvoavtomobilya.ru/diagnostirovanie/stendy-e-kpress-diagnostiki-uvoda-koles> (21.11.2019).

6. Датчики // Студопедия [Электронный ресурс]. URL: http://studopedia.ru/3_180128_datchiki.html (12.11.2017).

7. Датчики // Основные понятия и классификация систем автоматики [Электронный ресурс]. URL: http://studopedia.ru/3_180128_datchiki.html (12.11.2017).

8. Адрианов Ю.В. Применение метода последовательного анализа при исследовании режимов работы автомобиля в эксплуатационных условиях. Стендовые и полигонные испытания автомобилей и агрегатов, методы расчета. М., 1978. Т. 167. С. 69–73.

9. Контрольно-измерительное оборудование ZETLAB [Электронный ресурс]. URL: <https://zetlab.com/> (12.11.2017).

10. Горбунова З.В., Кухтий А.А. Оценка экономического эффекта от применения метода контроля качества моторного масла // Тенденции развития науки и образования. 2018. Ч. 8. № 43. С. 18–21.

Сведения об авторах / Information about the Authors

Гаврилов Антон Владимирович,

магистрант,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация,
e-mail: gavr-mavr22@yandex.ru

Anton V. Gavrilov,

Undergraduate,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation,
e-mail: gavr-mavr22@yandex.ru

Горбунова Зинаида Васильевна,

кандидат экономических наук,
доцент кафедры автомобильного транспорта,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация,
e-mail: flocean@mail.ru

Zinaida V. Gorbunova,

Cand. Sci. (Economics),
Associate Professor, Road Transport Department,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation,
e-mail: flocean@mail.ru

Колчин Василий Савельевич,

кандидат технических наук,
доцент кафедры автомобильного транспорта,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация,
e-mail: kolchin@istu.edu

Vasily S. Kolchin,

Cand. Sci. (Technics),
Associate Professor, Road Transport Department,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation,
e-mail: kolchin@istu.edu

Ларцис Анастасия Олеговна,

студентка группы ЭТБп-17-1,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация,
e-mail: egihiba@gmail.com

Anastasia O. Lartsis,

Student,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation,
e-mail: egihiba@gmail.com